

## I 編 序 論

## 1 章 序 章

1・1	プラズマの定義	3
1・2	基礎知識の集積	6
1・3	物性面から見たプラズマ	8
	電磁流体/磁界中での異方性/クーロン相互作用の特質/デバイシヤへの (Debye shielding)/プラズマ振動	
1・4	プラズマ, 電磁流体の特性量	16
	特性距離/特性速度/特性周波数/諸特性量間の関係	
1・5	プラズマ・電磁流体の温度-密度特性領域	18
	参 考 文 献	22

## 2 章 弱電離気体中の基礎過程

2・1	電離, 再結合および電離平衡	23
	電離 (ionization)/再結合/電離平衡 (熱電離)	
2・2	弾性衝突 (散乱) の断面積	31
	散乱の微分断面積と運動量およびエネルギーの伝達断面積/電子と重い粒子間の運動量およびエネルギー伝達断面積/中性粒子間, または中性子とイオン間の衝突断面積/中性粒子に対する電子の衝突断面積/クーロン散乱の断面積	
2・3	弱電離気体中での移動度	45
	移動度 (mobility)/弱電離気体中でのパラメータ/“熱い”電子 (hot electron) の移動速度	
2・4	弱電離気体中の輸送定数	49
	拡散定数/導電率 (electrical conductivity)/熱伝導度 (thermal	

conductivity)	
2・5 陽光柱における拡散現象(両極性拡散).....	54
2章 付録 中心力場における2体衝突.....	58
参 考 文 献.....	62

## II 編 基 礎 編

### 1 章 電 磁 流 体 力 学

1・1 分布関数とモーメント .....	65
分布関数 $F(r, v, t)$ /モーメント	
1・2 ボルツマン (Boltzmann) 方程式.....	68
分布関数の運動方程式/衝突項/ボルツマン方程式のモーメント (輸送方程式と保存則)	
1・3 電磁流体力学の基礎方程式 .....	73
電磁流体力学の巨視的諸量/保存則/物質中の電磁界方程式/一般 化されたオームの法則/状態方程式/輸送定数/簡単化した電磁流 体方程式/保存則の基本形表示	
1・4 電磁流体静力学 (magnetohydrostatics) .....	94
磁気圧 (magnetic pressure)/ピンチ効果 (pinch effect)	
1・5 磁力線の性質 .....	97
誘導方程式 (equation of induction)/磁界の凍結/磁気レイノル ズ数 (magnetic Reynolds number)	
1・6 電磁流体波 (magnetohydrodynamic waves) .....	101
基礎方程式と平衡状態/微小変動分に関する方程式/電磁流体波の 分散式	
1・7 プラズマの巨視的安定性 .....	107
縦みぞ形不安定性 (flute instability)/エネルギー原理による安定 性の検討	
1・8 プラズマ (電磁流体) 衝撃波 .....	114
電磁流体中の不連続面/衝撃波の基礎方程式/速い衝撃波と遅い衝 撃波/アルベン衝撃波	
参 考 文 献.....	128

### 2 章 電 磁 流 体 の 流 れ

2・1 圧縮性の定常非粘性流 .....	129
基本式/連続電極の場合/分割電極配置/ホール形電極配置/有限 寸法分割電極の場合の電流分布	
2・2 非圧縮性粘性流の方程式 .....	139
基本式/無次元パラメータ	
2・3 非圧縮性の定常粘性流 (ハルトマンの流れ) .....	141
方程式と境界条件/ホール効果を無視した場合/ホール効果を考慮 した場合/温度分布	
2・4 そのほかの代表的な流れの問題 .....	154
クエット (Couette) の流れ/二次元粘性流/準一次元近似/境界 層問題	
参 考 文 献.....	157

### 3 章 近 似 的 な 粒 子 軌 道 運 動 論

3・1 一様定常磁界中の荷電粒子の運動 .....	160
旋回運動 (gyration)/磁気モーメントと磁化電流/Bohr-van Le- euwen の定理	
3・2 定常的な外力場の影響 .....	163
直交静電磁界/重力場/一般的な外力	
3・3 時間的に変化する電界の影響 .....	166
分極電流/誘電率	
3・4 時間的に変化する磁界の影響 .....	168
磁気モーメントの断熱不変性/磁力線の凍結	
3・5 磁界の空間変化の影響 .....	170
磁力線の収束, 発散の影響/磁気鏡 (magnetic mirror)/磁力線の 曲率の影響/磁力線に垂直な方向への磁界変化の影響/磁力線のず れの影響/ヴァン・アレン帯と極光 (オーロラ)	
3・6 レーレー・テラー (Rayleigh-Taylor) の不安定性 .....	179
重力による不安定性/磁力線の曲がりによる不安定性	
3・7 プラズマ加熱法への応用 .....	183
磁界に平行な方向の断熱圧縮/磁界に垂直方向の断熱圧縮/ジャイ ロ緩和効果 (gyro-relaxation effect)	
3・8 荷電粒子の運動による電磁放射 .....	186

制動放射/サイクロトロン放射/チャレンコフ放射 (Cerenkov radiation)

参 考 文 献.....191

#### 4章 “冷たい”プラズマ中の波動現象

- 4・1 誘電率テンソルと分散式 .....195  
 誘電率テンソルの定義/外部電界と誘起電界/分散式と電磁界ベクトル/等方性媒質の分散式
- 4・2 磁界中の“冷たい”プラズマの誘電率テンソルと分散式 .....202  
 誘電率テンソル/分散式/シャ断と共振/衝突効果の近似的な取扱い
- 4・3 “冷たい”プラズマ中の低周波振動 .....207  
 アルベン波 (Alfvén wave)/イオン・サイクロトロン共振 (ion cyclotron resonance)/ホイスラー波 (whistler-mode)
- 4・4 “冷たい”プラズマ中の磁界方向への波動の伝搬 (サイクロトロン波).....211  
 ファラデー回転 (Faraday rotation)/円偏波のシャ断と共振
- 4・5 “冷たい”プラズマ中の磁界に垂直な方向への波動の伝搬 .....214  
 正常波 (o波-ordinary mode)/異常波 (x 波-extraordinary mode)
- 4・6 CMA 線 図 .....215  
 $v_p$ - $\theta$  線図/CMA 線図
- 4・7 おもな波の通過および遮断域と分散曲線 .....221  
 参 考 文 献.....227

#### 5章 誘電応答関数によるプラズマの扱い

- 5・1 プラズマの運動方程式 .....230  
 BBGKY の階級方程式/プラズマの流体極限/ヴラソフ方程式 (Vlasov equation)
- 5・2 プラズマの誘電応答関数 .....232  
 誘電応答関数の定義/誘電応答関数の計算/2本の電子ビームからなるプラズマの誘電応答関数/マックスウエル分布をしたプラズマの誘電応答関数/多成分プラズマの誘電応答関数
- 5・3 誘電媒質としてのプラズマの性質 .....238  
 プラズマ振動とランダウ減衰/二成分プラズマでの振動現象—イオ

- ン音波/プラズマのしゃへい
- 5・4 プラズマ振動の不安定性 .....246  
 2本の電子ビームからなるプラズマの不安定性(2流不安定性)/ひろがりのある速度分布をもつ電子プラズマの不安定性/イオン音波の不安定性/プラズマ振動の準線形理論
- 5・5 プラズマ中の揺動 .....255  
 相関関数と揺動のスペクトル/揺動スペクトルの計算/揺動スペクトルの測定/揺動スペクトルによるプラズマの諸性質の記述  
 参 考 文 献.....260
- 6章 固体中のプラズマ現象
- 6・1 固体プラズマと気体プラズマとの対比 .....263  
 実効質量と誘電率/衝突散乱
- 6・2 固体中のプラズマ振動 .....266
- 6・3 固体プラズマ中の電磁波 .....267  
 異常表皮効果/ヘリコン波/アルベン波/非局所効果
- 6・4 流れのある固体プラズマ .....272  
 熱ピンチ/らせん形不安定性
- 6・5 非線形現象 .....274  
 参 考 文 献.....275

### III 編 応 用 編

—超高温プラズマの発生と制御—

#### I章 制御核融合原子力と高温プラズマ

- 1・1 序 論 .....279  
 第二次の原子力としての核融合/主な核融合反応/制御熱核融合反応原子炉の概念
- 1・2 制御熱核融合動力炉のエネルギー収支 .....285  
 核融合反応出力エネルギー/エネルギー損失/エネルギー比/動力炉となるためのパラメータの条件

1・3	代表的な高温プラズマ装置の分類とおもな問題点	291
1・4	ピンチ形装置	296
	直線形およびトーラス形ピンチ/ハード・コア・ピンチ (Hard-Core pinch)/テーター・ピンチ (Theta- または $\theta$ -pinch)	
1・5	カusp磁界配位形装置	304
1・6	外部磁界形トーラス装置	307
	プラズマ平衡配位と等圧面/単純トーラス装置のプラズマ閉じ込めに対する不完全性/磁力線の回転変換 (rotational transform)/外部電流導体形トーラス/ボーム拡散 (Bohm diffusion)/極小磁界配位と平均極小磁界配位/内部電流導体形トーラス/外部および内部電流導体形トーラスの比較	
1・7	磁気鏡配位形装置	326
	基本的な荷電粒子損失/プラズマ注入加熱形/高エネルギー粒子ビーム注入形/磁気鏡配位におけるプラズマ不安定性と極小磁界配位による安定化	
1・8	アストロン形装置	344
	参考文献	345

## 2章 高温プラズマ不安定性とその安定化

2・1	高温プラズマ不安定性の分類	349
	巨視的不安定性と微視的不安定性/不安定性駆動のエネルギー源による分類/静電的状態と電磁的状態	
2・2	プラズマ不安定性の理論的扱い	353
	固有振動(状態)法/エネルギー原理(変分原理)法/粒子像法/絶対的不安定性と対流的不安定	
2・3	電流不安定性 (current instability)	358
2・4	交換形不安定性 (interchange-instability)	358
	急峻な密度変化の場合/比較的なだらかな密度変化の場合	
2・5	交換形不安定性の安定化	362
	(平均)極小磁界配位/ずり磁界配位/有限イオン・ラーマー(サイクロトロン)半径効果/磁力線連結効果 (line-tying)	
2・6	導電率有限のプラズマにおける MHD 不安定性 (抵抗不安定性)	372
	抵抗性の交換形(重力)不安定性 (resistive interchange あるいは resistive gravitational-mode)/裂け状態 (tearing mode) とさざなみ状態 (rippling mode)/対流的電流不安定性 (current convective instability)	

2・7	ドリフト(波)不安定性	379
	ドリフト波 (Drif wave)/ドリフト(波)不安定性の励起条件と成長率	
2・8	ドリフト(波)不安定性の安定化	387
	(平均)極小磁界配位による安定化/ずり磁界配位による安定化/短い連結距離による安定化	
2・9	速度空間不安定性	389
	非等方性速度分布に対する分散式/磁界方向に伝ばする不安定状態/準静電的サイクロトロン(ハリス形, またはバーンシュタイン形)不安定性	
2・10	磁気鏡配位に起こる速度空間不安定性とその安定化	402
	準静電的イオン・サイクロトロン不安定性(ハリス形)/高密度電磁的不安定性/負質量不安定性 (negative-mass instability)/実験との対応と安定化方法	
	参考文献	410

## 3章 プラズマ発生・加熱法

3・1	高周波予備電離 (r.f. pre-ionization)	416
3・2	オーム(ジュール)加熱	416
3・3	磁気断熱圧縮加熱	417
3・4	衝撃波加熱 (shock heating)	420
3・5	磁気ポンプ加熱 (magnetic pumping)	421
	衝突加熱/走行時間加熱/音波加熱	
3・6	高周波共振加熱 (r.f. resonance heating)	425
	イオン・サイクロトロン共振加熱/電子サイクロトロン共振加熱	
3・7	プラズマ銃 (plasma gun)	432
3・8	回転プラズマ加熱 (rotating plasma heating)	434
3・9	高エネルギー粒子ビーム注入 (high-energy particle beam injection)	434
3・10	高出力レーザー光による電離, 加熱	435
3・11	接触熱電離によるプラズマ生成	437
3・12	乱流加熱 (turbulent heating)	437
	参考文献	438

**4 章 核融合炉の炉工学的な予備考察**

4・1 核融合反応原子炉の概念構造 .....	441
真空壁/ブランケット (blanket)/超電導コイル	
4・2 核融合原子力発電プラントの概念構成.....	445
4・3 設計パラメータ決定の基礎的考察 .....	447
各部寸法および全熱出力/所要プラズマ・イオン密度/所要静磁界 値/所要閉じ込め時間/ $\beta$ 値と燃焼率/各パラメータの計算結果例	
4・4 技術的問題点 .....	453
強磁界合成技術/真空壁とブランケット/燃料注入技術/廃気排出 技術/炉の起動に関する問題/Tの循環と増殖/直接エネルギー変 換/核分裂反応との組合せの可能性	
参 考 文 献.....	455
索 引.....	457